

弹性体的 GPC/SEC 分析

应用文集

作者

Greg Saunders 和 Ben MacCreath
安捷伦科技公司



目录

页码

前言	3
天然橡胶	
使用蒸发光散射检测对天然橡胶进行高灵敏度分析	5
三重检测分析天然橡胶	6
合成橡胶	
三重检测分析合成聚丁二烯	7
普通合成弹性体分析	8
使用 GPC/粘度计进行聚二甲基硅氧烷的分析	10
常规 GPC 对聚（苯乙烯/丁二烯）共聚物的分析	11
用于橡胶分析的更多安捷伦解决方案	12
订购信息	14
补充阅读推荐	15

Polymer Laboratories 公司（简称 PL）成立于 1976 年，提供用于 GPC/SEC 的高质量色谱柱、标样、仪器和软件。30 多年以来，公司开发了许多市场领先的产品，包括 PLgel、PL aquagel-OH、PlusPore、PLgel Olexis、PolarGel 色谱柱和 EasiVial 标准品。基于自身先进的生产技术，PL 的产品以优异的质量和性能享誉世界，并且拥有世界一流的技术和应用支持做后盾。

通过对 PL 的收购，安捷伦如今能够对所有类型的合成和生物分子聚合物表征提供更全面的 GPC/SEC 解决方案，从常规 GPC 分析直到使用多柱和多检测器方法进行的复杂测定。

前言

弹性体 (Elastomer) 是一个用于描述橡胶 —— 具有弹性的聚合物的通用术语。弹性是指在外部应力下发生形变，但是去除应力后能够迅速恢复原形的能力。弹性体可能是需要固化的热固性材料，或者是兼具塑性和弹性的热塑性材料，并且可以是天然或合成材料。热固性弹性体由聚合物链交联组成，通过固化反应如天然橡胶的硫化过程形成，从而得到一种松散的晶格结构。这种结构可以使链与链之间在形变过程中发生相对移动，但是在松弛后返回到初始位置，实现了材料的可逆伸展。如果链之间没有交联，外力的作用会使材料发生永久变形。热塑性弹性体结构中包含塑性和弹性结构域，链之间由较弱的非共价连接提供锚定点，使材料在移除外力后能够恢复原形。

凝胶渗透色谱 (GPC，也称为体积排阻色谱，SEC) 是一项用于评估橡胶等聚合物分子量分布的常用技术。分子量分布影响聚合物的许多物理特性 (如表 1 所示)。通常，更高的分子量会带来更好的材料性能，而分布宽度 (多分散系数) 的增加将导致性能的损失，但材料将更易于加工。

本应用文集介绍了使用 GPC 对未固化热固性弹性体和热塑性弹性体的分析。

安捷伦科技公司生产最全面的 GPC 色谱柱、标样和仪器，是分析合成和天然橡胶的理想选择。

安捷伦的色谱柱耐用、可靠，是需要极好重现性的应用，如质量控制的理想选择。有广泛的粒径和孔径可供选择，您可以选择与所研究材料分子量相匹配的色谱柱，以确保得到最佳的分析数据。作为补充，我们还制造了各种多分散度非常窄的标准品，可用于橡胶聚合物 GPC 分析中进行校准。

我们高品质的色谱柱和标准品与一系列安捷伦 GPC 仪器相匹配，包含了最广泛的使用温度范围，从室温到 220 °C。

这些仪器能够运行所有类型的 GPC/SEC 实验，可用于所有种类聚合物材料的分析。多种检测器选项可能包括在仪器中，如光散射检测器和粘度计，也可能以单独形式提供，如安捷伦蒸发光散射检测器系列。专用分析软件可以监测材料的生物降解性质。



Agilent PL-GPC 50 一体式 GPC/SEC 系统

天然橡胶的 GPC/SEC 分析

第一个商业化弹性体材料是天然橡胶，来自于橡胶树 *Hevea brasiliensis* 的汁液。这种物质由异戊二烯的聚合物组成，最常见的是顺式-1,4-聚异戊二烯，还有一些天然橡胶由反式-1,4-聚异戊二烯组成。在天然的未精制的形式中，异戊二烯材料还伴有少量的蛋白质、脂肪酸、树脂和无机材料。天然橡胶是一种弹性体和一种热塑性塑料。然而，将异戊二烯链与硫交联反应（硫化过程），则会转变为热固性材料。GPC 分析的天然橡胶只能是未交联的热塑性材料。

表 1. 分子量分布对弹性体性质的影响

	强度	韧度	脆度	熔融粘度	耐化学性	溶解性
提高分子量	+	+	+	+	+	-
降低分布宽度	+	+	-	+	+	+

使用蒸发光散射检测对天然橡胶进行高灵敏度分析

由于天然橡胶聚合物中存在相对高含量的部分交联的“胶体”，制备用于 GPC 分析的天然橡胶样品溶液通常非常困难。通常，在称取的样品中加入适量的洗脱液，进行过夜溶胀和溶解，然后在 GPC 分析前过滤掉胶状物质（0.5 微米滤膜）。

在这种情况下，实际得到的聚合物浓度明显比最初称量的浓度要低，这取决于样品中的胶体含量，因此检测器响应（通常采用 RI，示差折光检测器）往往非常低。安捷伦 380-ELSD 蒸发光散射检测器相比 RI 灵敏度明显增加，对此应用能够提供更高的响应。此外，当实际峰响应非常小时，RI 常见的基线漂移就会显得非常明显。而 380-ELSD 总能得到平滑的基线和提高的响应，实现更可靠的基线和峰设置以及 GPC 计算。

RI 也对总渗透周围的系统峰很敏感，即使当样品用洗脱液进行制备时也同样如此。这些系统峰会干扰天然橡胶样品中通常存在的低分子量组分。而使用 380-ELSD，系统峰由于蒸发被消除，能够在添加物区域得到无杂质的样品峰。

安捷伦 PLgel 10 μm MIXED-B 色谱柱，凭借其高柱效（>35000 塔板/米）和宽分子量范围（相对于聚苯乙烯高达 10000000 道尔顿）分离能力，是用于高分子量聚合物和苛刻的洗脱液的首选色谱柱。天然橡胶的分离结果表明，PLgel MIXED-B 色谱柱和 380-ELSD 的组合是适合添加物鉴别的高灵敏度分析系统（图 1）。

色谱柱： 3 x PLgel 10 μm MIXED-B, 300 x 7.5 mm
洗脱液： 甲苯
流速： 1.0 mL/min
检测器： 380-ELSD

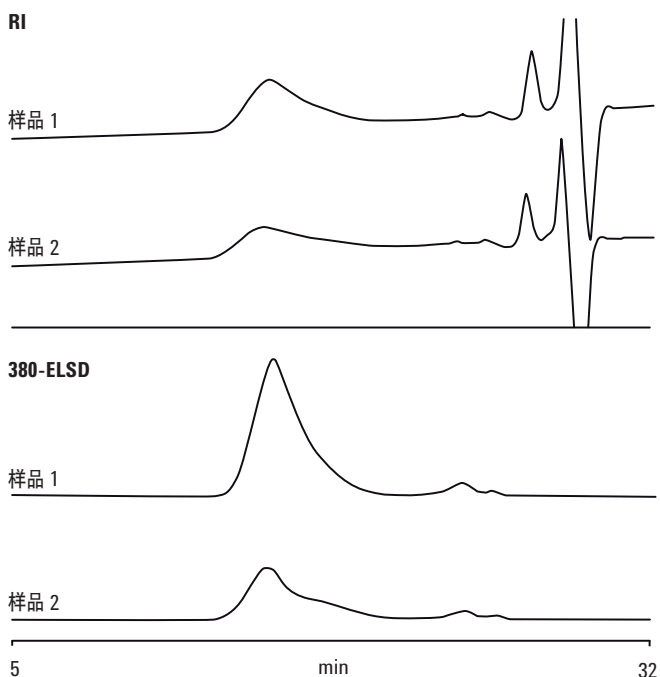


图 1. 380-ELSD 蒸发光散射检测器（下）与 RI 检测（上）相比具有稳定的基线且无系统峰的干扰，体现了 ELSD 针对该应用的诸多优势

图 2 是添加物区域的放大图，表明在这一感兴趣区域无杂质峰。

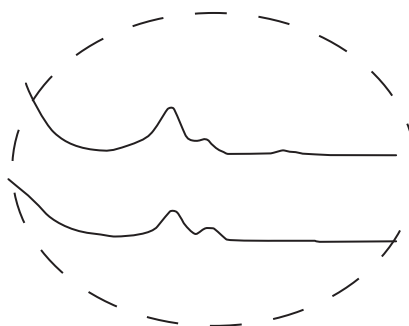


图 2. 380-ELSD 色谱图添加物区域的放大图 —— DRI 检测中这一区域的峰被基线所掩盖，因此 ELSD 对于此应用来说是更好的检测器

三重检测分析天然橡胶

三重检测 GPC 采用浓度检测器、粘度计和光散射检测器来评估聚合物的分子量分布和分子结构而无需依靠色谱柱校准。这对于分析没有结构相似标样的复杂材料是至关重要的。

使用三重检测 GPC 分析两个天然橡胶样品。其目的是确定为何其中一个材料在最终使用时会失败。使用一体式 GPC 系统进行分析。

使用安捷伦 Agilent PL-GPC 50 一体式 GPC/SEC 系统，配备示差折光检测器、安捷伦 PL-BV 400RT 在线集成粘度计、安捷伦 PL-RTLS 15/90 光散射检测器以及安捷伦 PLgel 10 μm MIXED-B 色谱柱进行样品分析。这些色谱柱能够为甚至是苛刻的洗脱液中的高分子量聚合物提供高分离度。

图 3 是一种天然橡胶样品的色谱图，显示了来自于不同检测器的响应。

样品: 2 x 天然橡胶
色谱柱: 3 x PLgel 10 μm MIXED-B, 300 x 7.5 mm
洗脱液: 甲苯
进样量: 200 μL
流速: 1.0 mL/min
温度: 50 °C
检测器: PL-GPC 50, 带 PL-BV 400RT 粘度计和 PL-RTLS 15/90 光散射检测器

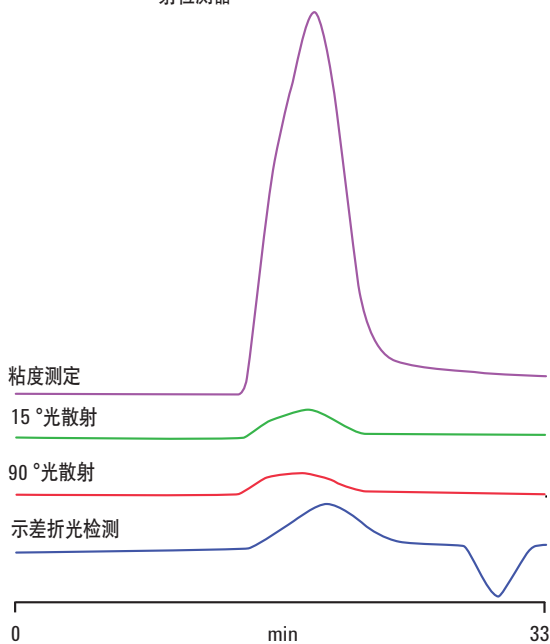


图 3. 天然橡胶的三重检测原始数据显示了这些材料可观察到的典型峰形

图 4 表明其中一个样品的分子量明显高于另一个样品，虽然 Mark-Houwink 图显示这两种材料的结构相似（图 5）。

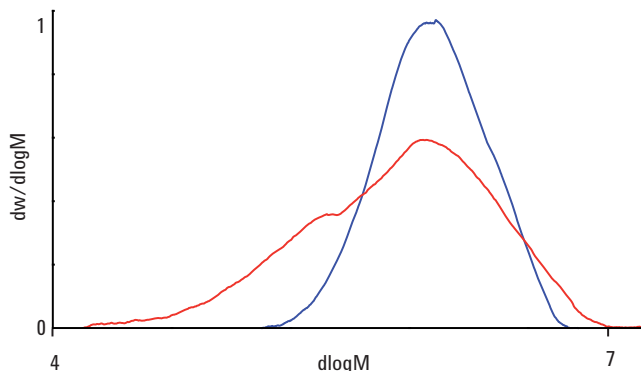


图 4. 具有完全不同分布并因此具有完全不同的最终性质的两种天然橡胶的三重检测分子量分布图叠加

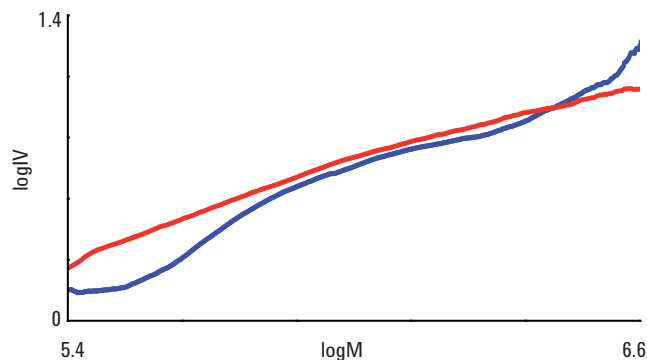


图 5. 叠加 Mark-Houwink 图显示了两种天然橡胶材料的结构相似性，仅在低分子量处有偏差

合成橡胶的 GPC/SEC 分析

三重检测分析合成聚丁二烯

聚丁二烯是发明的第一类合成弹性体材料之一，在广泛的工业应用中极大地代替了天然橡胶。

采用两个 Agilent PLgel 5 μm MIXED-C 色谱柱进行这一分析，结果见图 6 和图 7。聚丁二烯样品被精确制备，在四氢呋喃中的标称浓度为 2 mg/mL，没有更多处理，直接注射到系统中。样品采用平均折光指数增量 dn/dc 进行光散射计算。

根据粘度计和光散射数据生成 Mark-Houwink 图 (\log 特性粘度对 $\log M$ 作图，图 8)。Mark-Houwink 图中的弯曲可能是作为分子量的函数的聚合物结构改变的结果。

样品: 聚丁二烯
色谱柱: 2 x PLgel 5 μm MIXED-C, 300 x 7.5 mm
洗脱液: THF
进样量: 100 μL
流速: 1.0 mL/min
检测器: PL-GPC 50 带 PL-BV 400RT 和 PL-RTLS 15/90

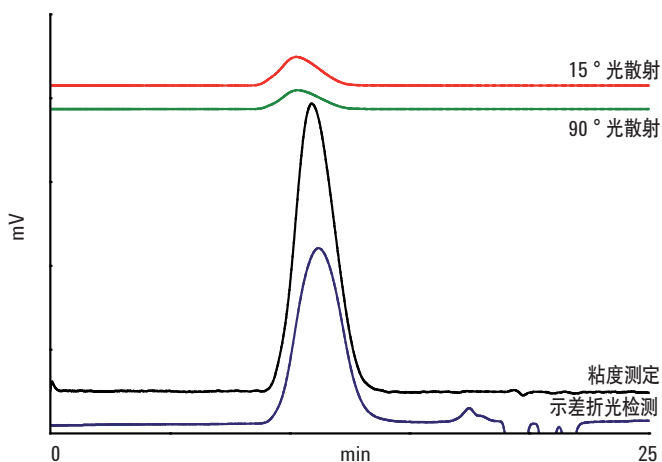


图 6. 聚丁二烯的三重检测结果显示了此类样品的典型数据

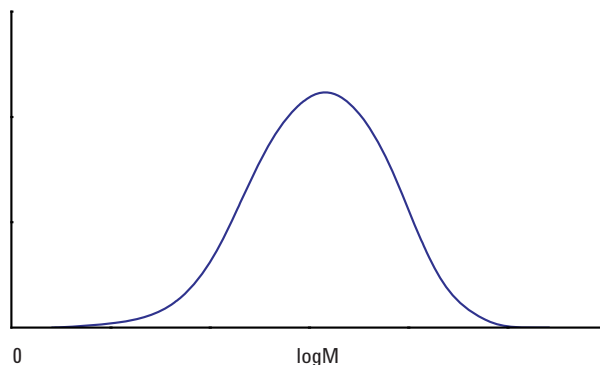


图 7. 聚丁二烯的分子量分布显示出宽高斯分布峰形

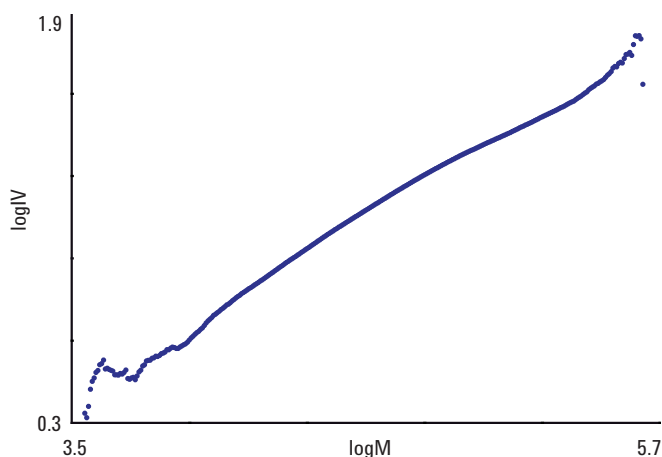


图 8. 聚丁二烯的 Mark-Houwink 图中的弯曲可能代表了作为分子量函数的聚合物结构的改变

普通合成弹性体分析

聚异戊二烯可以被合成生产，与聚丁二烯和苯乙烯丁二烯一样，是一种常见的弹性材料。聚丁二烯是一种合成橡胶，由单体 1,3-丁二烯合成得到，具有高耐磨性，通常用于轮胎制造，并且具有极高的电阻率，可作为电子组件的涂覆层。聚丁二烯受力后可恢复 80%，是合成材料中恢复率最高的材料之一。

苯乙烯丁二烯橡胶 (SBR) 是苯乙烯和丁二烯的合成橡胶共聚物，具有良好的耐磨性，与天然橡胶混合后广泛用于汽车轮胎。

PLgel 10 μm MIXED-B 色谱柱扩展的分子量范围（高达 10000000 分子量）使它非常适合于广泛的高分子量弹性体的分析（图 9）。对于大部分弹性体来说，样品溶液在进样前常规需要进行过滤以除去不溶的胶体组分。

色谱柱: 3 x PLgel 10 μm MIXED-B, 300 x 7.5 mm
洗脱液: THF
流速: 1.0 mL/min
载样量: 0.2% w/v, 100 μL
温度: 40 $^{\circ}\text{C}$
进样量: 200 μL
检测器: Agilent PL-GPC 220

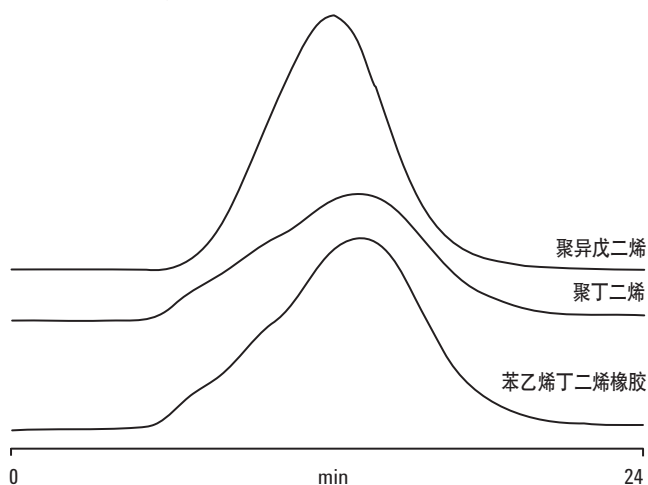


图 9. 三种类型合成橡胶的色谱图显示出多峰峰形

正己烷是丁基橡胶的良溶剂，虽然也可以使用其它溶剂如四氢呋喃。与大多数 GPC 传统溶剂如四氢呋喃相比，正己烷的极性是非常低的。然而，它能成功地用于 PLgel 色谱柱（图 10）。

色谱柱: 3 x PLgel 10 μm MIXED-B, 300 x 7.5 mm
洗脱液: Hexane
流速: 1.0 mL/min
检测器: PL-GPC 50

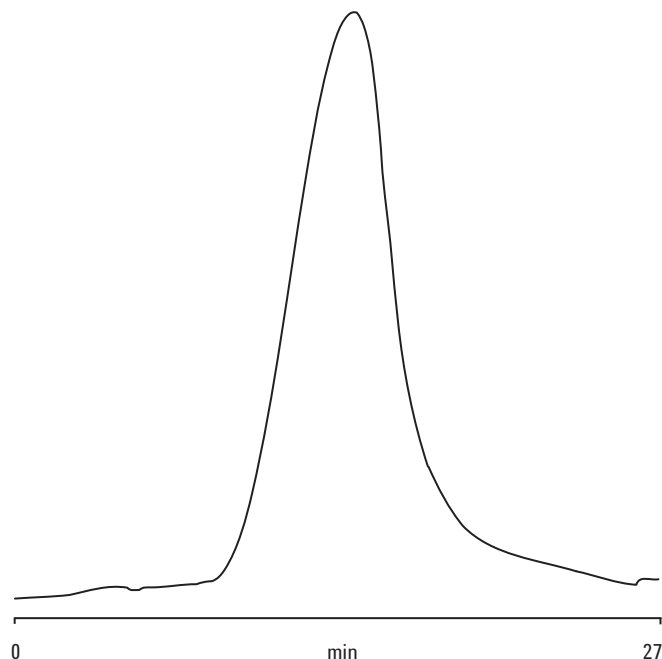


图 10. 正己烷溶解的丁基橡胶的色谱图显示出良好的峰形

商用级苯乙烯丁二烯橡胶含有非常高分子量的组分，因此，为了实现成功的 GPC 分离，必须尽可能减小样品浓度以避免粘性流效应。一些级别的 SBR 可能还包含低分子量矿物油作为改性剂（称为充油级），能够从聚合物峰中分离，因此可以使用安捷伦 ELSD 进行定量（图 11）。

色谱柱: 2 x PLgel 20 µm MiniMIX-A, 250 x 4.6 mm
 洗脱液: THF
 流速: 0.3 mL/min
 载样量: 1 mg/mL, 100 µL
 检测器: 380-ELSD (neb=45 °C, evap=90 °C, gas=0.7 SLM)

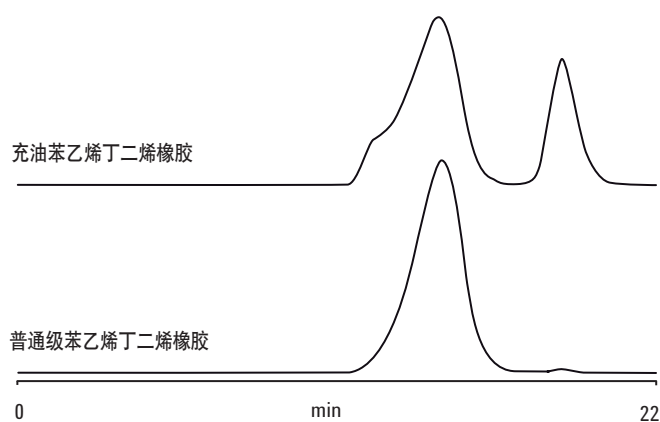


图 11. 两种苯乙烯丁二烯橡胶的色谱图，上图为充油级，表明了低分子量添加剂的存在

充油 SBR 样品（见图 12），使用示差折光检测进行分析。为了保证溶解，样品加热到 50°C 并轻轻搅拌三个小时。推荐使用 0.5 微米过滤器过滤以除去所有胶体组分。PLgel MIXED-B 填料实现了聚合物和油峰的分离。

色谱柱: 2 x PLgel 10 µm MIXED-B, 300 x 7.5 mm
 洗脱液: THF
 流速: 1.0 mL/min
 进样量: 100 µL
 检测器: PL-GPC 50

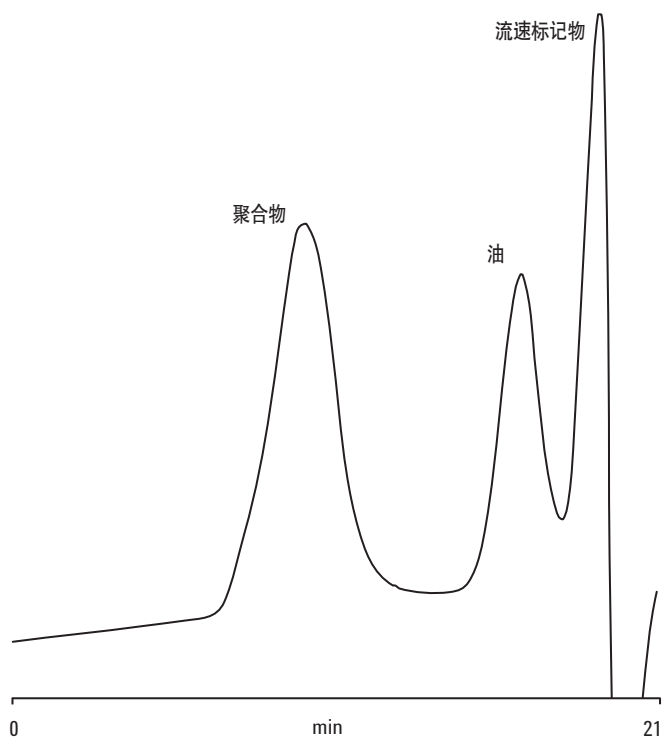


图 12. 充油级苯乙烯丁二烯橡胶的色谱图表明了低分子量油添加剂的存在

使用 GPC/粘度计进行聚二甲基硅氧烷的分析

聚二甲基硅氧烷 (PDMS) 是一种无毒、不易燃的硅基聚合物材料，由于其不寻常的流变特性而受到关注。PDMS 由分子式为 $(\text{CH}_3)_3\text{SiO}[\text{SiO}(\text{CH}_3)_2]_n\text{Si}(\text{CH}_3)_3$ 的聚合物链组成，是一种粘弹性材料，在长流动时间或高温下表现得像液体，而在短流动时间或低温下表现得像橡胶。PDMS 根据组成链的分子量不同，可生产为从液体到橡胶状半固体的多种等级。它是一种被广泛使用的材料，可用作有机硅填缝剂、润滑油、阻尼油和传热流体，以及乳房和关节植入体中。它也是一种食品添加剂 (E900)，可用作消泡剂和抗结剂。

使用 PL-GPC 50 一体式 GPC/SEC 系统分析 PDMS。鉴于在许多最终应用中粘度性质的重要性，PL-GPC 50 中配备了 PL-BV 400RT 粘度计和标准示差折光检测器。结果如图 13 和 14 所示，检测器的联用也允许使用通用校正方法进行材料分析，获得不依赖于校正标准品（本例中为聚苯乙烯标准品）化学结构的精确的分子量。虽然 PDMS 溶于四氢呋喃，但它与这种溶剂折射率相同，因此，四氢呋喃不适合此分析，甲苯是更合适的溶剂。

色谱柱: 2 x Agilent PolyPore, 300 x 7.5 mm
洗脱液: 甲苯
流速: 1.0 mL/min
进样量: 100 μL
检测器: PL-GPC 50, PL-BV 400RT

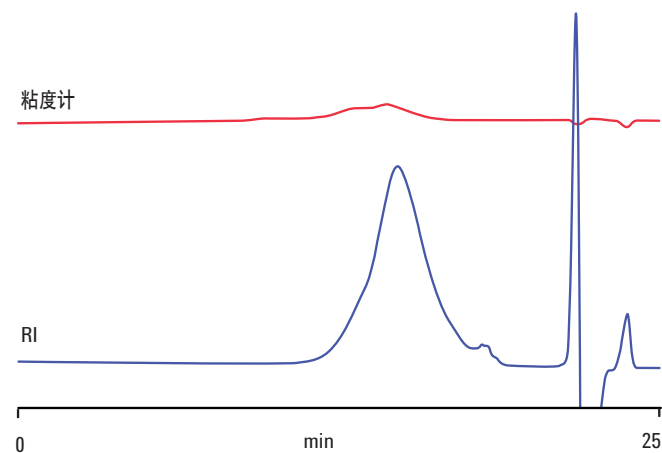


图 13. 聚二甲基硅氧烷样品的叠加示差折光检测和粘度测定示例色谱图显示了典型的峰形

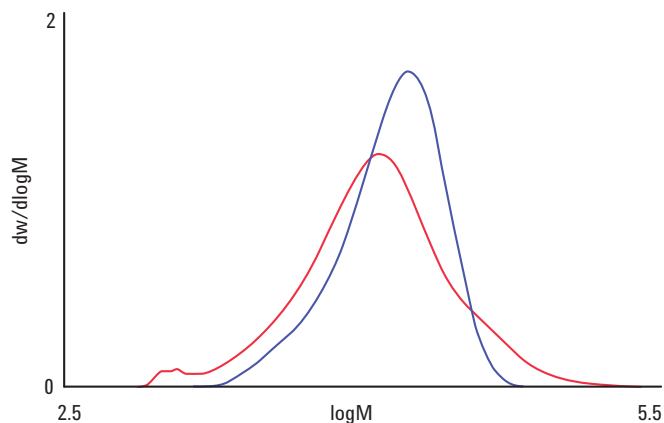


图 14. 两种不同级别的具有不同特性的聚二甲基硅氧烷样品的分子量分布叠加图

虽然分子量差别很大，Mark-Houwink 图 (图 15) 表明两种材料的结构非常相似，表明它们的粘弹性行为 (分子量的函数) 接近。

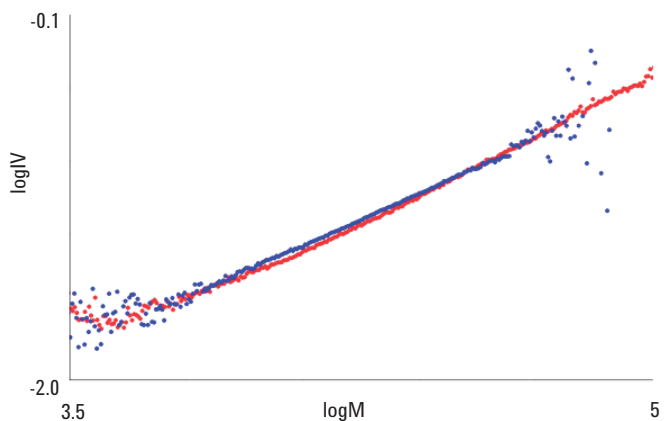


图 15. 计算得到的两种聚二甲基硅氧烷样品的 Mark-Houwink 图表明两种材料的结构非常相似

常规 GPC 对聚（苯乙烯/丁二烯）共聚物的分析

聚（苯乙烯/丁二烯）嵌段共聚物与天然橡胶的很多性质相似，因此广泛用于多种工业领域。它的特性由弹性的聚丁二烯网络环绕刚性聚苯乙烯链得到，在大温度范围内具有优异的强度和柔韧性。该共聚物是一种热塑性弹性体，因此很容易通过注塑成型用于制造，或者与现有产品混合提高弹性或增加硬度。分子量分布很关键，因为任何均聚物的存在将明显影响产品的最终性质。

本文的分析观察到了由于均聚物存在于预期共聚物中带来的明显差异（图 16 和图 17）。

色谱柱: 2 x PLgel 5 μ m MIXED-C, 300 x 7.5 mm
校正标准品: 聚苯乙烯 EasiVial
洗脱液: THF (250 ppm BHT)
温度: 40 $^{\circ}$ C
进样量: 100 μ L
检测器: PL-GPC 50

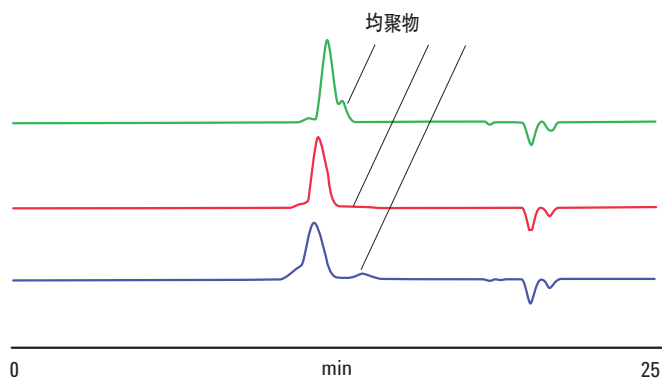


图 16. 苯乙烯丁二烯橡胶色谱图表明均聚物和共聚物的存在

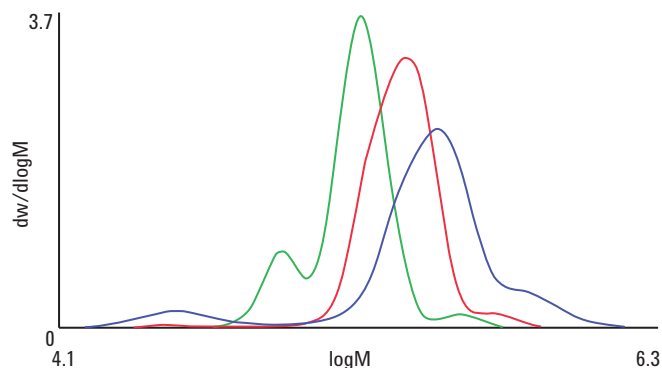


图 17. 苯乙烯丁二烯橡胶样品的叠加分子量分布表明样品间分子量分布的明显改变

用于橡胶分析的更多安捷伦解决方案

虽然 GPC 非常适合天然和合成橡胶的分析，但它并不是分析这些重要材料的唯一技术。安捷伦提供了全面的仪器和消耗品，可用于环境保护、循环利用计划、等效物确认、配方分析、质量控制和故障分析中的弹性体检测。安捷伦仪器对于大多数商业化橡胶中普遍存在的成分——添加剂或改性剂的检测尤为有价值。

光谱

AA 和 ICP-OES 技术适用于测定复合橡胶产品中的“填充剂”和痕量金属。对于橡胶材料制造的玩具，有相应的全球标准需要对一系列有毒元素进行测定。

例如，2008 年美国消费品安全改进法案 (CPSIA)、EN 71 PART 3 和 AS / NZS ISO 8124.3:2003 标准明确要求对玩具和儿童产品中的无机元素进行检测。安捷伦 AA 和 ICP-OES 仪器能够满足并超越这些测试要求。分析人员也可以使用 AA 和 ICP-OES 监测和评估垃圾填埋场、人工鱼礁的废弃橡胶产品（尤其是报废轮胎）对环境的影响，或者评估轮胎衍生燃料飞灰中的痕量元素水平。

NMR

橡胶 NMR 分析是固体 NMR 分析中的一个重要领域。MAS（魔角旋转）技术被用于改进匀场，并且可以使用固体 MAS 探针或纳米探针进行橡胶光谱分析。采用更先进的测量松弛性能的实验来分析橡胶的动力学和形态学属性，如结构域的大小，其结果已被用来解释橡胶的绝缘性和机械性能。当配备固体核磁共振配件时，安捷伦的 400、500 或 600 兆赫 NMR 系统是此类应用的理想选择。



安捷伦 400-MR 磁共振波谱仪小巧易用，可以进行快速可靠的日常分析，是常规实验室的首选系统

GC

安捷伦气相色谱可以对橡胶制品加工和固化过程中排放的有毒气体进行监测，也可以用于测定食品橡胶（如婴儿玩偶或奶嘴）中的增塑剂或亚硝酸水平，确保产品的安全性。对于 ASTM 的两个橡胶分析方法，我们推荐使用安捷伦 J&W CP-PoraBOND Q GC 色谱柱检测丁腈橡胶中的丙烯腈。



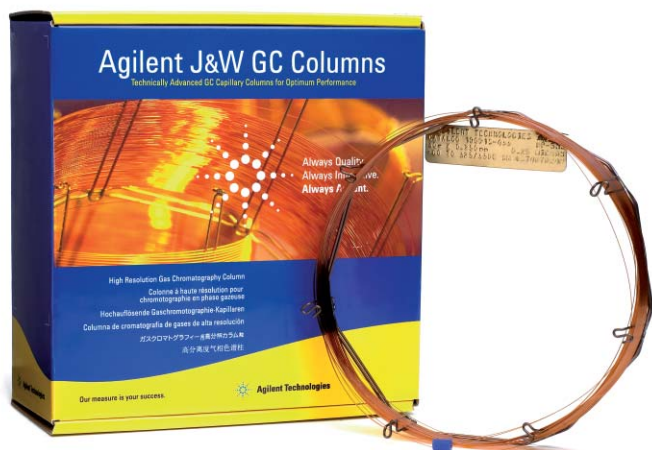
配备 7693A 系列自动液体进样器的安捷伦 7890A 气相色谱

FTIR

红外光谱分析能够提供重要的样品化学信息和结构信息。配备易于使用的衰减全反射 (ATR) 附件，可以进行快速、非破坏性的化学鉴定。安捷伦还提供控温附件，使用户能够在所需的环境条件下研究弹性体样品。再者，如果与热重分析 (TGA) 相结合，安捷伦的 TGA/FTIR 联用仪能够提供橡胶样品中气体的实时监测，使复杂化学结构能够被阐明和理解。我们的 TGA/FTIR 系统由 FTIR 光谱仪和 TGA/IR 接口附件组成，并采用强大的 Resolutions Pro 软件进行数据解释。



安捷伦 600 系列 FTIR 为复杂样品检测提供最高水平的灵敏度以及丰富的结构和组成信息



安捷伦 J&W 提供当今最全面、质量最高的色谱柱产品

订购信息

安捷伦提供耐用的仪器、针对应用的消耗品以及用户至上的服务，再加上全球产品支持团队和应用专家作后盾，我们致力于帮助您解决任何分析挑战。无论您要检测饮用水中的杂质，设计新的治疗药物或开发更清洁的燃料，我们的解决方案都能提供您实验室所需要的灵敏度、灵活性和分析效率。

色谱柱	
说明	部件号
Agilent PLgel 5 µm MIXED-C, 300 x 7.5mm	PL1110-6500
Agilent PLgel 10 µm MIXED-B, 300 x 7.5 mm	PL1110-6100
Agilent PLgel 20 µm MiniMIX-A, 250 x 4.6 mm	PL1510-5300
Agilent PolyPore, 300 x 7.5 mm	PL1113-6500
Agilent EasiVial PS-H (2 mL)	PL2010-0201
Agilent EasiVial PS-H (4 mL)	PL2010-0200
Agilent EasiVial PS-L (2 mL)	PL2010-0401
Agilent EasiVial PS-L (4 mL)	PL2010-0400
Agilent EasiVial PS-M (2 mL)	PL2010-0301
Agilent EasiVial PS-M (4 mL)	PL2010-0300
Agilent PS-H 2 mL Tri-Pack (90个样品瓶)	PL2010-0202
Agilent PS-H 4 mL Tri-Pack (90个样品瓶)	PL2010-0203
Agilent PS-L 2 mL Tri-Pack (90个样品瓶)	PL2010-0402
Agilent PS-L 4 mL Tri-Pack (90个样品瓶)	PL2010-0403
Agilent PS-M 2 mL Tri-Pack (90个样品瓶)	PL2010-0302
Agilent PS-M 2 mL Tri-Pack (90个样品瓶)	PL2010-0303

标样	
说明	部件号
Agilent EasiVial PS-H (2 mL)	PL2010-0201
Agilent EasiVial PS-H (4 mL)	PL2010-0200
Agilent EasiVial PS-L (2 mL)	PL2010-0401
Agilent EasiVial PS-L (4 mL)	PL2010-0400
Agilent EasiVial PS-M (2 mL)	PL2010-0301
Agilent EasiVial PS-M (4 mL)	PL2010-0300
Agilent PS-H 2 mL Tri-Pack (90个样品瓶)	PL2010-0202
Agilent PS-H 4 mL Tri-Pack (90个样品瓶)	PL2010-0203
Agilent PS-L 2 mL Tri-Pack (90个样品瓶)	PL2010-0402
Agilent PS-L 4 mL Tri-Pack (90个样品瓶)	PL2010-0403
Agilent PS-M 2 mL Tri-Pack (90个样品瓶)	PL2010-0302
Agilent PS-M 2 mL Tri-Pack (90个样品瓶)	PL2010-0303

仪器	
说明	部件号
Agilent PL-GPC 220 一体式 GPC/SEC 系统	PL0820-0000
Agilent PL-GPC 50 一体式 GPC/SEC 系统	PL0870-8500
Agilent PL-BV 400HT 在线集成粘度计	PL0810-3050
Agilent PL-BV 400RT 在线集成粘度计	PL0810-3060
Agilent PL-HTLS 15/90 光散射检测器，用于PL-GPC 220	PL0640-1200
Agilent PL-RTLS 15/90 光散射检测器，用于PL-GPC 50	PL0640-1210
Agilent 380-LC蒸发光散射检测器 (110伏)	PL0890-0110
Agilent 380-LC蒸发光散射检测器 (240伏)	PL0890-0240



了解全面的订购信息，请访问 www.agilent.com/chem/store:cn

补充阅读推荐

安捷伦已经出版了关于生物可降解聚合物、工程聚合物、聚烯烃分析以及低分子量树脂的应用文集。此外，我们还提供了涉及 GPC / SEC 所有方面的一系列全面和翔实的文献，包括应用简报、产品说明和技术概述。

出版物	出版号
GPC/SEC 介绍	5990-6969CHCN
GPC/SEC 色谱柱选购指南	5990-6868CHCN
生物可降解聚合物	5990-6920CHCN
工程聚合物	5990-6970CHCN
聚烯烃分析	5990-6971CHCN
低分子量树脂	5990-6845CHCN

访问安捷伦资料库 www.agilent.com/chem/library:cn，检索我们所有的出版物

了解如何提升您的弹性体分析水平

安捷伦 GPC/SEC 产品

www.agilent.com/chem/gpcsec:cn

在线购买

www.agilent.com/chem/store:cn

查询安捷伦分公司或授权代理商

www.agilent.com/chem/contactus:cn

安捷伦客户服务中心:

免费专线: 800-820-3278

400-820-3278 (手机用户)

联系我们:

customer-cn@agilent.com

在线询价:

www.agilent.com/chem/quote:cn

安捷伦科技大学:

<http://www.agilent.com/chem/university>

浏览和订阅 Access Agilent 电子期刊:

www.agilent.com/chem/accessagilent:cn



本资料中的信息、说明和技术指标如有变更, 恕不另行通知。

© 安捷伦科技(中国)有限公司, 2011

2011年2月8日, 中国出版

5990-6866CHCN



Agilent Technologies